INSPECTORATUL ŞCOLAR JUDEȚEAN CONSTANȚA

MINISTERUL EDUCAȚIEI CERCETĂRII TINERETULUI ŞI SPORTULUI

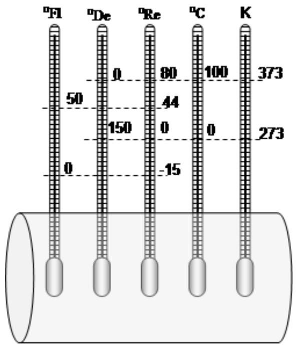
OLIMPIADA DE FIZICĂ * ETAPA LOCALĂ * 11 decembrie 2010

CLASA a X - a * Bareme*

***1.** Cinci persoane interesate de progresul societății, Réaumur, Delisle, Celsius, William Thomson, (înnobilat lord Kelvin), şi un negustor florentin au propus modele de termometre cu scări care să fie cât mai utile. La o întâlnire ipotetică a lor, peste timp, au utilizat termometrelor pentru măsurarea temperaturii unui sistem termodinamic, ca în figură (la Kelvin e o aproximare la întreg, pentru simplitate) , unde sunt prezentate şi repere termometrice care să echivaleze temperaturile măsurate. Temperatura indicată la acest moment este pe scara Celsius 0ºC. Domnul Celsius propune: „ Să încălzim sistemul termodinamic astfel încât temperatura să se dubleze! Vă rog să precizați ce temperatură vor indica cele cinci termometre!” . Sarcinile de lucru sunt:*

a) Deduceți legile de trecere de la diferitele scări de temperatură în scara Kelvin şi justificați această necesitate pentru rezolvarea cerinței lui Celsius.

b) Indicați temperaturile cerute .



Prof. Cristina Anghel, Liceul Teoretic „Ovidius” Constanța
Prof. Ion Băraru, Colegiul Național „Mircea cel Bătrân” Constanța

Rezolvare:

a) - Pentru trecerea de la scara Delisle la scara Kelvin: deoarece scările sunt liniare, se poate scrie:

$$t_{^\circ De} = aT_K + b \qquad 1p$$

unde *a* şi *b* sunt constante care se determină din condiția ca ecuația să fie verificată de punctele reper de pe cele două scări:

$$150 = 273a + b$$
$$0 = 373a + b$$

Rezultă: $a = -1{,}5^\circ De / K$

$$b = 559{,}5^\circ De \qquad 1p$$

De unde relația de transformare: $t_{^\circ De} = -1{,}5T_K + 559{,}5$ 1p

În mod similar se obțin relațiile: $t_{^\circ C} = T_K - 273$ 1p

$$t_{^\circ Re} = 0{,}8T_K - 218{,}4 \qquad 1p$$

Pentru a trece din scara florentină în scara Kelvin trebuie să se treacă prin scara Réaumur, cu care sunt elemente comune: $t_{^\circ Fl} = \frac{50}{59}t_{Re} + \frac{750}{59}$ 1p

Înlocuind t_{Re} rezultă: $t_{^\circ Fl} = \frac{40}{59}T_K - \frac{10.170}{59}$ 1p

Justificare: Scara absoluta Kelvin permite evaluarea încălzirii care să corespundă dublării temperaturii, deoarece energia internă $U = U(T) = \nu C_V T$. Pentru scările cu temperaturi empirice care au fixată valoarea „zero” în funcție de opțiuni ale constructorului, dublarea temperaturii este un nonsens. 1p

b) Temperatura dublată pe scara kelvin este: $T_K' = 2T_K = 546K$.

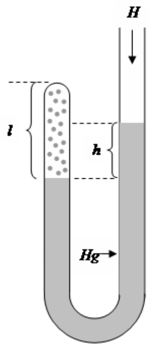
Celelalte termometre vor indica valorile:

$t'_{^\circ De}$ = -259,5 ºDe
$t'_{^\circ C}$ = 273 º C
$t'_{^\circ Re}$ = 218,4 ºRé
$t'_{^\circ Fl}$ = 197,796ºFl 1p

Din oficiu: 1p

2. *Într-un tub din sticlă termorezistentă o coloană de mercur izolează în brațul din stânga o masă de oxigen molecular la temperatura t_1=27ºC (vezi figura alăturată). În această stare inițială lungimea coloanei de oxigen este l=1m, iar denivelarea mercurului față de ramura deschisă este h=24 cm. Presiunea atmosferică este normală: H=76 cm coloană de mercur. Se încălzeşte sistemul la temperatura t_2=127 ºC şi în acelaşi timp o parte din moleculele de oxigen se disociază, gradul de disociere fiind α=0,5.*

Determinați distanța x pe care s-a deplasat coloana de mercur din brațul închis.



Prof. Cristina Anghel, Liceul Teoretic „Ovidius" Constanța
Prof. Ion Băraru, Colegiul Național „Mircea cel Bătrân" Constanța

Soluție:

Se lucrează cu presiunea în dimensiuni de lungime (cm) pentru comoditatea calculelor.

Pentru starea inițială: $p_1 Sl = \nu RT_1$, 1p

unde $p_1 = H + h$. 1p

Pentru starea finală: $p_2 S(l + x) = (1+\alpha)\nu RT_2$, 1p

unde $p_2 = H + h + 2x$. 1p

Prin raportare: $\frac{p_1 lx}{p_2(l + x)} = \frac{T_1}{(1+\alpha)T_2}$, 1p

respectiv: $\frac{p_1}{p_2} = \frac{h + H}{h + H + 2x}$. 1p

Eliminând raportul $\frac{p_1}{p_2}$ se obține: $\frac{T_1(l + x)}{xlT_2(1+\alpha)} = \frac{h + H}{h + H + 2x}$. 1p

Înlocuind cu valori numerice se obține ecuația: $2x^2 - 19.700x + 10.000 = 0$, 1p
(unde x este considerat în cm).

Rezultă: $x = 0,525cm$. 1p

Din oficiu: 1p

3. *Un cilindru rigid poziționat vertical este despărțit în interior în două compartimente de o membrană specială foarte subțire, rigidă, întinsă şi fixată ferm pe un inel greu, care poate aluneca fără frecări în contact cu pereții cilindrului. Compartimentul superior conține un mol de azot, iar cel inferior un mol de argon şi un mol de hidrogen. La t_1=27º, raportul volumelor celor două compartimente (superior / inferior) este z=2:1. Întregul sistem este adus la t_2=127º. La această temperatură membrana fixată pe inel devine permeabilă pentru hidrogen. Determinați fracțiunea f din volumul total al sistemului pe care o reprezintă în final noul volum superior.*

Soluție.

Pentru starea inițială, compartimentul superior: $p_2V_2 = \nu RT_1$. 0,5p

Pentru compartimentul inferior: $p_1V_1 = 2\nu RT_1$ 0,5p

Pentru echilibrul sistemului membrană – inel: $p_1 - p_2 = \frac{mg}{S}$, 0,5p

unde: $V_2 = zV_1$ şi $V_1 + V_2 = V$, 0,5p

V fiind volumul total al sistemului.

Rezultă: $\frac{\nu RT_1}{V}\frac{(1+z)(2z-1)}{z} = \frac{mg}{S}$ (*) 1p

Pentru starea finală, hidrogenul penetrează membrana până când presiunea sa parțială este aceeaşi în fiecare din cele două compartimente, contribuind la realizarea presiunii totale din fiecare compartiment: $p_H V = \nu RT_2$. 1p

Pentru azot, presiunea parțială este: $p_N = \frac{\nu RT_2}{fV}$ 1p

Pentru argon: $p_{Ar} = \frac{\nu RT_2}{V(1-f)}$. 1p

Presiunile totale din fiecare compartiment vor fi sumele presiunilor parțiale:

$p_1' = p_H + p_{Ar}$, respectiv $p_2' = p_H + p_N$. 0,5p

Pentru noul echilibru al pistonului: $p_1' - p_2' = \frac{mg}{S}$. 0,5p

Pentru starea finală a sistemului se obține relația: $\frac{\nu RT_2}{V}\left(\frac{2-f}{1-f} - \frac{1+f}{f}\right)$(**). 1p

Prin raportarea ecuațiilor cu asterisc rezultă ecuația: $27f^2 - 11f - 8 = 0$. 0,5p

Soluția acceptabilă este : *f=0,784.* 0,5p

Din oficiu: 1p